

На правах рукописи

КОЛЬЧУГИНА Ольга Александровна

**СЕЗОННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ АСПЕКТЫ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И ПРОЯВЛЕНИЯ ТОКСИКОЗА
У РЫБ В ВОЛХОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

**Специальность
03.02.08 – Экология
(биологические науки)**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Казань 2010

Диссертационная работа выполнена на кафедре прикладной экологии факультета географии и экологии ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» и в лаборатории экологической токсикологии Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства (г. Санкт-Петербург).

Научные руководители: кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник
Аршаница Николай Михайлович

доктор химических наук, профессор
Латыпова Венера Зиннатовна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Яковлев Валерий Анатольевич

кандидат биологических наук, доцент
Говоркова Лада Константиновна

Ведущая организация ГБУ «Институт проблем экологии и
недропользования» Академии наук Республики
Татарстан, г. Казань

Защита диссертации состоится «16» декабря 2010 года в 14³⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.081.19 при ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 420008, г.Казань, ул. Кремлевская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, Казанский (Приволжский) федеральный университет, служба аттестации научных кадров.

Автореферат разослан «16» ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук, доцент

Р.М.Зелеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Природные воды являются важнейшим компонентом окружающей среды, возобновляемым, ограниченным и уязвимым природным ресурсом. Разработка проблем охраны и воспроизводства водных и биологических ресурсов является наиболее приоритетной задачей (Закон РФ "Об охране окружающей среды", 2002; Водный Кодекс РФ, 2006; Экологическая Доктрина Российской Федерации, 2002), соответствует Приоритетному направлению развития науки, технологий и техники РФ «Рациональное природопользование».

Расположенное в регионе с интенсивной хозяйственной деятельностью Волховское водохранилище образовано на р. Волхов, которая вносит значительный вклад в поступление загрязняющих веществ и биогенных элементов в Ладожское озеро – важнейший источник пресной воды, местообитание множества ценных видов рыб и других гидробионтов, уникальный природный водоем.

Водохранилище используется для различных целей, в числе которых – получение электроэнергии, водоснабжение, водоотведение, рыбоводство, рекреация, судоходство.

Промышленные предприятия и коммунальные службы расположенных на р. Волхов городов В.Новгород, Кириши и Волхов обеспечивают высокий уровень антропогенной нагрузки на водохранилище. В ряду промышленных стоков особенно выделяется поступление сбросных теплых вод Киришской электростанции, которые периодически загрязняются токсикантами разного класса опасности до уровней, летальных для рыб.

Токсичные вещества поступают в водохранилище и аэрогенным путем, который в промышленно развитом регионе вносит значительный вклад в загрязнение водных объектов.

Для оценки уровня загрязнения Волховского водохранилища особый интерес представляет исследование содержания тяжелых металлов, что вызвано, в первую очередь, неоднократно отмечающимся превышением их ПДК в сточных водах предприятий региона и наблюдаемыми признаками их токсичного воздействия на гидробионты.

Металлы относятся к особой категории загрязняющих веществ: являясь химическими элементами, они абсолютно устойчивы – не могут быть подвергнуты дальнейшему разложению, а лишь перераспределяются между биотическими и абиотическими компонентами, взаимодействуя с различными категориями живых организмов, мигрируя по общей цепи циркуляции веществ в водоеме, аккумулируясь, в конечном итоге, в завершающих звеньях.

Существующая Единая государственная система мониторинга поверхностных вод не включает научно и экономически обоснованную подсистему экологического мониторинга ихтиофауны, тогда как рыбная продукция является накопителем многих токсичных веществ, в том числе металлов и их соединений (Перевозников, Богданова, 1999). Чрезвычайно актуальным является включение в программу гидробиологической оценки

качества вод комплексного патологоанатомического и химико-аналитического обследования рыб.

Использование рыб в качестве биоиндикаторных организмов обусловлено тем, что они позволяют получить разнообразную и комплексную информацию о влиянии среды обитания на разные этапы своего развития и, прежде всего, отражают воздействие на них загрязняющих веществ.

Несмотря на многочисленные исследования различных водных объектов последних двух десятилетий (Решетников, Шатуновский, 1997; Перевозников, Богданова, 1999; Бедрицкая, 2000; Аршаница, 2000, 2002; Попов и др., 2002; Яковлев, 2003; Моисеенко, 2003, 2004, 2005, 2006; Кашулин и др., 2004; Латыпова, 2005, 2008; Степанова, 2005, 2008; Соболев, 2006; Комов, 2007 и др.), сведения о формировании токсикологического режима водохранилищ руслового типа в условиях полиметаллического загрязнения абиотических и биотических компонентов их экосистем отрывочны. Отсутствуют сведения о факторах формирования зон токсического действия для рыб в зависимости от времени года, гидрологического режима, характера источников загрязнения и путей поступления токсикантов. Значительный интерес представляет влияние сезонного фактора на степень проявления признаков токсикоза у рыб водохранилищ руслового типа.

В связи с этим требует детального изучения целый комплекс вопросов, связанных с особенностями распространения и накопления токсичных металлов в среде обитания рыб, а также характера их накопления и распределения в органах и тканях рыб различных экологических групп.

Цель работы – выявление факторов формирования токсикологического режима водохранилища руслового типа, пространственных и сезонных закономерностей распределения токсичных металлов в среде обитания (вода, донные отложения), органах и тканях рыб различных экологических групп, а также степени поражения рыб токсикозами.

Задачи исследования:

1) Провести систематическое ежесезонное определение содержания наиболее приоритетных для исследуемого региона и токсичных для рыб металлов (Zn, Cu, Pb и Cd) в атмосферных осадках, пробах воды, донных отложений и охарактеризовать пространственное и сезонное распределение металлов в абиотических компонентах водохранилища.

2) С использованием методов биотестирования провести систематическое ежесезонное исследование токсичности проб воды и донных отложений на различных участках водохранилища.

3) На основе результатов ежесезонных химико-аналитических исследований провести оценку уровня загрязнения токсичными металлами мышечной ткани и органов (жабры и печень) рыб различных экологических групп, отловленных на исследуемых участках водохранилища, а также сеголеток сига из Волховского рыбоводного завода.

4) С использованием патологоанатомических методов определить характер и степень развития токсикоза рыб, выловленных на исследуемых участках водохранилища в различные сезоны года.

5) Выявить факторы формирования токсикологического режима и зон токсического действия водохранилища в зависимости от гидрологических особенностей, характера источников загрязнения, путей поступления токсикантов и сезона года.

Диссертационная работа выполнена на кафедре прикладной экологии Казанского университета и лаборатории экологической токсикологии ФГНУ «ГосНИОРХ» (г. Санкт-Петербург) в рамках госбюджетной темы "Развитие теоретических и прикладных основ экологического мониторинга", № ГР 01.98.0006937, код ГАСНТИ 87.43.21; гранта РФФИ регион №09-04-97036/2009(РФФИ) «Влияние абиотических факторов на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности и оценки устойчивости организмов к внешним воздействиям».

Научная новизна. Впервые для водохранилищ руслового типа на основе систематических ежесезонных исследований и единой методической базы выявлены основные закономерности пространственного и сезонного распределения токсичных металлов в системе: атмосферные осадки – поверхностные воды – донные отложения – рыба.

Обнаружена тенденция одностороннего повышения содержания металлов в воде и донных отложениях водохранилища руслового типа по мере приближения к верхнему бьефу плотины, обусловленная влиянием гидрологического фактора. Установлена разнонаправленность сезонного изменения содержания металлов в водной среде и донных отложениях.

Выявлены факторы формирования токсикологического режима водохранилища, обуславливающие образование зон различного токсического действия.

Научно обоснованы причины возникновения зон повышенной токсикологической опасности для бентосоядных и хищных рыб приплотинной зоны водохранилища.

Теоретическая значимость. Результаты работы вносят вклад в развитие теории функционирования водохранилищ руслового типа в части закономерностей формирования их токсикологического режима и факторов риска для рыбного населения, а также в познание особенностей формирования и функционирования ихтиоценоза водохранилищ руслового типа многоцелевого использования.

Практическая значимость. Отдельные разделы диссертационной работы используются при чтении общепрофессиональных курсов «Экологический мониторинг», «Экология животных» и «Экологическая токсикология» по специальности 020801 – экология, курса «Экологический мониторинг» по специальностям: 020802 – природопользование и 020804 – геоэкология для студентов факультета географии и экологии Казанского (Приволжского) федерального университета, а также бакалавров по направлению «Экология и природопользование» в Татарском государственном гуманитарном университете.

Результаты исследований переданы и будут использованы в ФГНУ «ГосНИОРХ» (г. Санкт-Петербург) для разработки программы экологического

мониторинга Волховского водохранилища, а также при разработке научно-обоснованных сезонных профилактических мероприятий по снижению антропогенной нагрузки на водохранилища, улучшению качества воды и состояния свободноживущих и выращиваемых рыб.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Образование участков с различным уровнем загрязнения и формирование токсикологического режима руслового водохранилища, главным образом, обусловлено гидрологическим фактором (особенностями водообмена и стокового течения водохранилища), что отражается в выявленной тенденции однонаправленного пространственного распределения содержания металлов как в воде, так и в донных отложениях.

2. Сезонные особенности токсикологического режима водохранилища согласуются с закономерностями распределения металлов в системе вода – донные отложения и состоят в разнонаправленном изменении их содержания в абиотических компонентах в разные сезоны года: наиболее высокая концентрация металлов в воде и ее максимальная хроническая токсичность обнаруживается в период весеннего половодья, а в донных отложениях – в зимний период.

3. Повышение уровня токсичности и загрязнения среды обитания по мере приближения к плотине отражается в повышении степени поражения рыб Волховского водохранилища токсикозом, который проявляется в изменении наружных покровов и патологиях внутренних органов, характеризующихся изменениями размеров, формы, окраски, консистенции, наличием экссудата в паренхиматозных органах, сосудистыми расстройствами, токсическим отеком эпителия жабр, почек, головного мозга.

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались и обсуждались на республиканских, всероссийских и международных конференциях: XIV Международная молодежная научная конференция «Туполевские чтения», (Казань, 2006), 9 Съезд Гидробиологического общества (Тольятти, 2006), Международная научно-практическая конференция «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке» (Санкт-Петербург, 2007), III Всероссийская конференция по водной токсикологии, посвященная памяти Б.А. Флерова «Антропогенное влияние на водные экосистемы» (Борк, 2008), Всероссийская научная конференция с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований» (Казань, 2009), X Международный экологический форум «День Балтийского моря» (Санкт-Петербург, 2009), VIII Международный форум «Нефть, газ, экология» (Казань, 2010), Международная научно-практическая конференция «Химия и экология: развитие науки и образования» (Москва, 2010), Всероссийская молодежная конференция «Вклад молодых ученых в рыбохозяйственную науку России» (Санкт-Петербург, 2010).

Личный вклад автора: участие в ежесезонных экспедиционных выездах 2007-2009 гг., в отборе, пробоподготовке и анализе проб воды, донных отложений; в отлове рыб, патологоанатомическом исследовании,

пробоподготовке образцов органов и тканей рыб к анализу; статистическая обработка полученных результатов и их обобщение, формулирование выводов на их основе.

Соавторами статей по теме диссертации являются научные руководители (Н.М.Аршаница, В.З.Латыпова), а также сотрудники кафедры прикладной экологии КФУ (Н.Ю.Степанова), Тат.отделения «ГосНИОРХ» (Р.Г.Таиров, Ф.М.Шакирова) и ФГНУ «ГосНИОРХ», г.Санкт-Петербург (О.А.Ляшенко, Е.С.Светашова, И.Д.Чинарева, С.Б.Екимова, А.М.Пономаренко, А.М.Вознесенский), принявшие участие в экспедиционных выездах, выполнении ряда экспериментов и обсуждениях, которым автор приносит свою благодарность.

Публикации. По теме диссертации в отечественной и зарубежной печати опубликовано 10 научных работ, в том числе 1 статья в журнале, рекомендованном ВАК для защиты диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 150 страницах машинописного текста, содержит 14 рисунков, 9 таблиц и состоит из введения, пяти глав, выводов и приложения. Список цитируемой литературы (С. 125 – 150) включает 240 наименований, из которых 63 работы на иностранных языках.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РУСЛОВОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ТОКСИЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ И ПРОЯВЛЕНИЕ ТОКСИКОЗА У РЫБ (Обзор литературы)

Обзор литературы посвящен рассмотрению эколого-токсикологических характеристик металлов и их способности к накоплению в абиотических и биотических компонентах водных экосистем, основное внимание уделено проявлению неспецифических реакций рыб. Рассмотрены некоторые экологические проблемы руслового водохранилища с точки зрения распределения токсикантов в различные сезоны года. Обоснована постановка задач исследования.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является Волховское водохранилище руслового типа, введенное в эксплуатацию в 1926 г. в результате зарегулирования плотиной р. Волхов. В ходе экспедиционных выездов и ежесезонных натурных обследований в течение 2007-2009 гг. отбирали пробы воды, атмосферных осадков, донных отложений и рыб для химико-аналитического, эколого-токсикологического и патологоанатомического исследования. Отбор проб производили на станциях (рисунок 1), выбранных с учетом размещения источников загрязнения и гидрологических особенностей водоема. Всего было отобрано около 3100 проб биотических и абиотических компонентов водохранилища, выполнено свыше 7650 анализов и определений.



Рисунок 1.

Схема объекта исследования с указанием станций пробоотбора
 ● – станции и створы отбора проб воды, донных отложений и отлова рыб:

1. р. Волхов, 500 м выше водохранилища (створ у н.п. Пчева, левый, правый берег, русловая часть)
2. Верхняя часть водохранилища (створ у н.п. Городище, левый, правый берег, русловая часть)
3. Средний участок водохранилища (створ у н.п. Бережки, левый, правый берег, русловая часть)
4. Верхний бьеф плотины водохранилища (нижний участок), 500 м от плотины, водозабор рыбоводного завода и г. Волхов
5. Нижний бьеф плотины

Пробы воды, донных отложений и атмосферных осадков отбирали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1592-2000, ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 17.1.5.04-81, ГОСТ 17.1.5.01-80 и РД 52.04.186-89. Пробы не консервировали и хранили в холодильнике при +4°C. Биологические пробы объектов животного происхождения (органы и ткани рыб) отбирали согласно ГОСТ 7631-85. При сборе ихтиологического материала и его камеральной обработке руководствовались рекомендациями И.Д.Правдина (1966), А.В.Лукина (1981), Н.И.Чугуновой (1959), Г.В.Никольского (1970). Исследовались половозрелые особи разных видов рыб, а также молодь рыб, искусственно выращиваемых на рыбоводных заводах.

Химико-аналитические исследования проб воды, донных отложений, атмосферных осадков, органов и тканей рыб были выполнены на базе аккредитованных лабораторий экологической токсикологии «ГосНИОРХ» (г. Санкт-Петербург) и экологического контроля КФУ (РОСС RU.0001.510958).

В работе использовали унифицированные либо стандартные методики пробоподготовки и определения токсичных для рыб металлов (Zn, Cu, Pb и Cd) в пробах воды, донных отложений, биологических образцах. Количественное определение содержания металлов в пробах воды проводили в соответствии с МВИ массового содержания цинка (ПНД Ф 14.1:2.4.198-03, М., 2003), кадмия, свинца и меди (ПНД Ф 14.1:2.174-2000, М., 2000) в природных, питьевых и очищенных сточных водах методом инверсионной вольтамперометрии; в образцах донных отложений определяли по МВИ массовой концентрации кадмия, свинца, меди и цинка почве методом инверсионной вольтамперометрии (ПНД Ф 16.1.40-03, М., 2003); в биологических образцах органов и тканей рыб –

в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51301-99 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка)», включающие минерализацию животных образцов путем сочетания «мокрого» и «сухого» озолнения.

Эколого-токсикологические сезонные исследования проб воды и водных вытяжек донных отложений проводили методом биотестирования с использованием международного стандартного тест-объекта – ветвистоусого рачка *Daphnia magna* Straus в остром (96 часов) в хроническом (24 суток) экспериментах в соответствии с ФР.1.39.2007.03222 «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и измерению плодовитости дафний».

Для оценки состояния рыб на основе **патологоанатомического исследования** использовали методику (Аршаница, 1969; Аршаница, Лесников, 1987), позволяющую дать объективную оценку развития токсикоза рыб по пятибалльной системе. В некоторых случаях, когда признаки токсикоза не укладывались четко в целые баллы, применяли промежуточную оценку с дробными баллами.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программного пакета Statistica 7.0 и Excel 2010.

ГЛАВА 3. СЕЗОННЫЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АБИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТАХ ВОЛХОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

3.1. Водная среда

Анализ сезонной динамики уровня загрязнения тяжелыми металлами проб воды, Волховского водохранилища в ходе многолетних ежесезонных экспедиций, выраженного в относительных единицах (долях ПДК p/x) (табл. 1) позволяет выявить ряд особенностей в распределении исследуемых металлов. В сезонной динамике распределения меди, свинца и кадмия в воде наблюдалась единая направленность (рисунок 2). На всех станциях отбора проб наибольшая их концентрация в воде была зафиксирована весной, что объясняется интенсивным поступлением с территории водосбора загрязненного поверхностного стока, выщелачиванием талыми водами карбонатных пород территории водосбора, обогащенных сульфидными минералами тяжелых металлов и сезонным изменением гидрохимических условий в водохранилище. В период весеннего половодья происходит снижение pH воды, что приводит к изменению химического состава вод и форм миграции элементов. В более кислой среде тяжелые металлы переходят в растворимую форму, становясь доступными для гидробионтов.

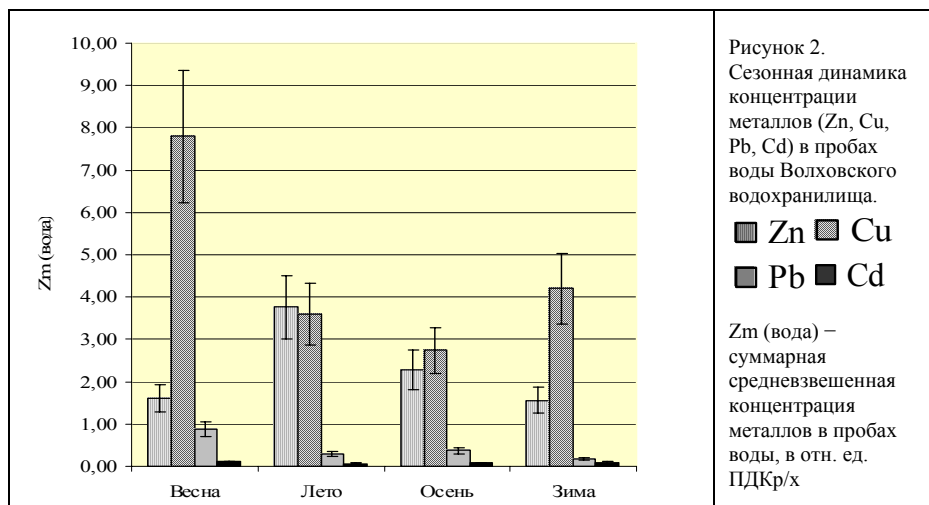
Таблица 1

Среднесезонные концентрации токсичных металлов в пробах воды Волховского водохранилища в относительных единицах (долях ПДКр/х)

Металл	Сезон года	Станции отбора проб воды ^{*)}				
		1	2	3	4	5
Zn	Весна	1,10±0,22	0,60±0,12	0,60±0,12	3,60±0,72	2,10±0,42
	Лето	1,70±0,34	0,40 ± 0,08	5,20±1,04	6,80±1,36	4,70±0,94
	Осень	1,90±0,38	0,70±0,14	0,80±0,16	6,50±1,30	1,50±0,30
	Зима	2,00±0,40	0,90±0,18	1,10±0,22	2,60±0,52	1,20±0,24
Cu	Весна	5,00±1,00	6,00±1,20	6,00±1,20	11,0±0,20	11,0±2,20
	Лето	1,00±0,20	1,00±0,18	5,00±1,00	6,00±1,20	5,00±1,00
	Осень	0,80±0,16	0,90±0,20	1,00±0,20	6,00±1,20	5,00±1,00
	Зима	1,00±0,20	1,00±0,20	5,00±1,00	8,00±1,60	6,00±1,20
Pb	Весна	0,17±0,03	0,33±0,07	1,00±0,20	1,67±0,33	1,17±0,23
	Лето	0,17±0,03	0,17±0,03	0,17±0,03	0,33±0,07	0,67±0,13
	Осень	0,17±0,03	0,33±0,07	0,33±0,07	0,67±0,13	0,33±0,07
	Зима	0,17±0,03	0,17±0,03	0,17±0,03	0,17±0,03	0,17±0,03
Cd	Весна	0,08±0,02	0,10±0,02	0,10±0,02	0,14±0,03	0,10±0,02
	Лето	0,06±0,01	0,04±0,01	0,06±0,01	0,10±0,02	0,06±0,01
	Осень	0,08±0,02	0,08±0,02	0,08±0,02	0,08±0,02	0,08±0,02
	Зима	0,08±0,02	0,08±0,02	0,10±0,02	0,10±0,02	0,08±0,02

Примечание. ^{*)} Здесь и далее нумерация станций пробоотбора соответствует указанной в схеме на рисунке 1.

В зимних пробах воды, в отличие от весенних, медь, свинец и кадмий присутствовали в несколько меньших концентрациях. Подобное явление, вероятно, связано с установлением на поверхности водохранилища ледового покрова, препятствующего поступлению токсикантов в водохранилище аэрогенным путем.



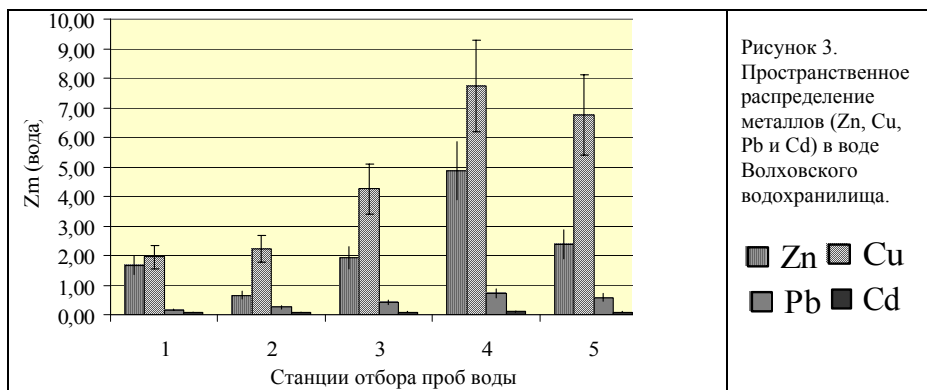
В летнее время года средние концентрации меди, свинца и кадмия в пробах воды оказались несколько выше, чем осенью. Лето – сезон самых высоких температур, период наиболее активно протекающих продукционных и деструкционных процессов в водоеме. Бурное развитие гидробионтов летом способствует, с одной стороны, выводу металлов из водной среды, а с другой, их высвобождению в водную толщу в процессе интенсивной деструкции органического вещества.

Минимальные концентрации меди, свинца и кадмия наблюдаются в воде Волховского водохранилища осенью вследствие благоприятного гидрологического и гидрохимического режима, достаточной обеспеченности водных масс кислородом и в то же время достаточного количества органического вещества, способного связывать ионы тяжелых металлов в органоминеральные комплексы.

Для ионов цинка характерна иная тенденция сезонной динамики (рисунок 2). В отличие от меди, свинца и кадмия, наибольшие концентрации цинка были зафиксированы в пробах воды, отобранных в летнее время, вероятно, в результате значительного поступления в водный объект соединений данного металла с атмосферными осадками.

Гидрологические особенности руслового водохранилища способствуют формированию в водоеме акваторий с различным уровнем загрязнения водной толщи токсичными металлами. В пространственном отношении по мере приближения к верхнему бьефу плотины наблюдается постепенное нарастание концентрации металлов (в ед. ПДК) в пробах воды (рисунок 3).

Одним из источников поступления токсичных металлов в поверхностные воды являются атмосферные осадки, выпадение которых приводит, с одной стороны, к самоочищению атмосферы от посторонних примесей, а с другой – к загрязнению поверхностных вод как непосредственно, так и через поверхностный сток.



Анализ сезонной динамики загрязнения атмосферных осадков металлами относительно фоновое загрязнение осадков свинцом, кадмием и медью на Европейской территории России (Обзор ..., 2009) и средних концентраций цинка

в осадках за 15 лет наблюдений в Республике Татарстан (Мониторинг ..., 2009) позволяет выявить постоянно фиксируемое их загрязнение медью, свинцом и кадмием на всех станциях отбора проб и во все сезоны года (таблица 2).

Таблица 2

**Концентрация тяжелых металлов в пробах атмосферных осадков
в разные сезоны года (отн. фоновых значений)**

Металл	Сезон года	Станции отбора проб атмосферных осадков			Фоновое загрязнение осадков, мг/л
		1	3	4	
Цинк	Весна	0,1±0,02	0,1±0,02	1,5±0,3	0,0788
	Лето	10,2±2,04	8,1±1,62	1,1±0,22	
	Осень	7,5±1,5	0,9±0,18	0,4±0,08	
	Зима	0,1±0,02	0,1±0,02	0,5±0,1	
Медь	Весна	4,3±0,86	2,6±0,52	0,9±0,8	0,0035
	Лето	10,3±2,06	11,4±2,28	1,7±0,34	
	Осень	6,9±1,38	5,7±1,14	1,1±0,22	
	Зима	2,3±0,46	2,9±0,58	2,0±0,4	
Свинец	Весна	6,4±1,28	4,4±0,88	20,0±4,0	0,0025
	Лето	9,6±1,92	6,4±1,28	7,2±1,44	
	Осень	6,4±1,28	3,6±0,72	8,4±1,68	
	Зима	4,0±0,8	10,4±2,08	0,4±0,08	
Кадмий	Весна	56,7±11,34	30,0±6,0	20,0±4,0	0,0003
	Лето	66,7±13,34	30,0±6,0	10,0±2,0	
	Осень	66,7±13,34	30,0±6,0	13,3±2,66	
	Зима	50,0±10,0	66,7±13,37	3,3±0,66	

Анализ сезонной динамики загрязнения дождя и снега металлами в относительных единицах позволяет выявить загрязнение атмосферных осадков цинком и медью (до 10 и 11 раз превышающих фон летом), свинцом (до 20 раз весной) и кадмием (до 67 раз превышающих фоновые значения летом, осенью и зимой). Четкой сезонной динамики в распределении концентраций металлов в атмосферных осадках не установлено.

Согласно результатам анализа уровень загрязнения тяжелыми металлами атмосферных осадков, собранных с прибрежных территорий разных участков водохранилища, крайне различается. В наибольшей степени металлами загрязнены атмосферные осадки, собранные с территории, расположенной выше водохранилища и испытывающей наибольшую антропогенную нагрузку со стороны промышленных предприятий гг. Кириши и В.Новгорода (станция 1). Таким образом, результаты анализа атмосферных осадков указывают на их весьма существенный вклад в загрязнение водохранилища тяжелыми металлами.

3.2. Донные отложения

Донные отложения Волховского водохранилища и р. Волхов в соответствии с классификацией по гранулометрическому составу (Петрова, 1988)

характеризуются как илистые (станции 1-3) и песчаные с примесями глины (станции 4, 5).

Для оценки уровня загрязнения исследуемых донных отложений в данной работе использовали предельно допустимые уровни (ПДУ_{до}) содержания металлов в донных отложениях разного типа, определенные для Куйбышевского водохранилища (Степанова и др., 2004) и по порядку величины практически укладывающиеся в диапазоны значений, определенных теми или иными способами для донных отложений равнинных водоемов различных стран (Janus, 1993; Ecotox thresholds ..., 1996 и др.). Значения среднего содержания тяжелых металлов в пробах донных отложений Волховского водохранилища в каждый из сезонов года, отнесенные к соответствующим ПДУ_{до}, приведены в таблице 3.

В сезонной динамике содержания тяжелых металлов в донных отложениях прослеживается общая тенденция (рисунок 4).

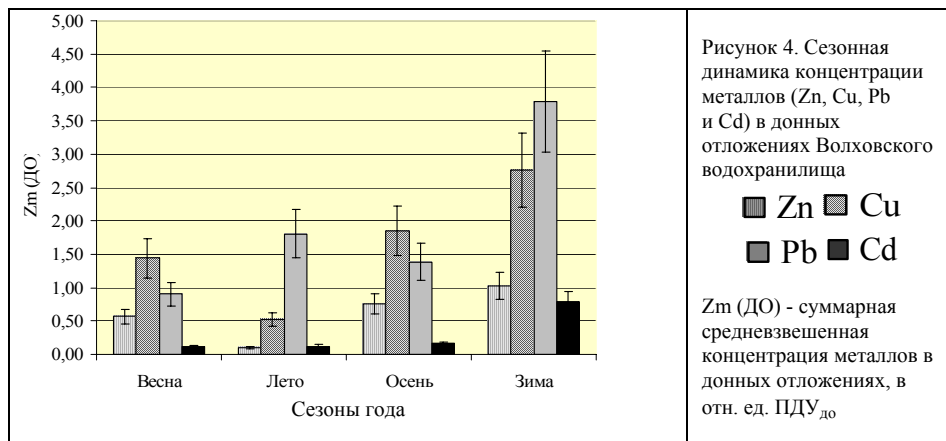
Самый высокий уровень загрязнения донных грунтов металлами приходится на зимний период. Зимой под слоем льда происходит выведение накопленных за теплый период года металлов из водной фазы в толщу донных осадков, где они депонируются, в нормальных условиях, как правило, в прочносвязанной форме. Обратный переход тяжелых металлов в воду (десорбция) в системе природная вода – донные отложения возможен лишь при определенных типах воздействия на осадки в результате естественно и антропогенно обусловленных процессов.

Таблица 3

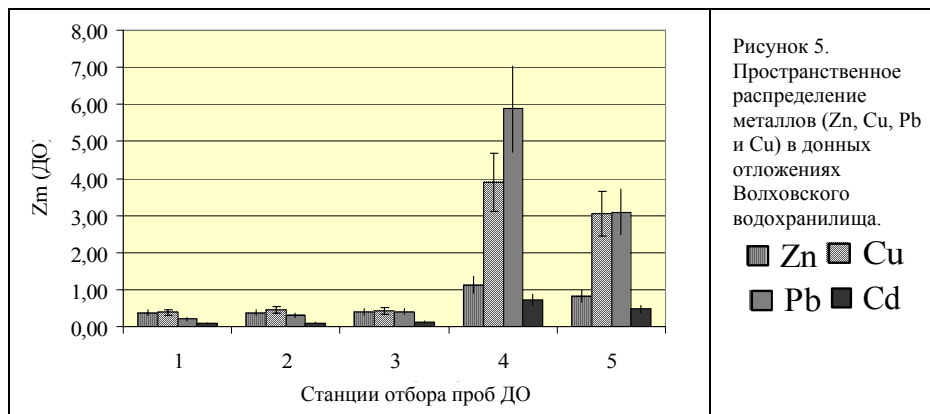
Относительное средне-сезонное содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений Волховского водохранилища (С_{до}/ПДУ_{до}) по данным 2007 – 2009 гг.

Металл	Сезон года	Станции отбора проб донных отложений					ПДУ _{до}	
		1 (ил)	2 (ил)	3 (ил)	4 (песок+глина)	5 (песок+глина)	ил	песок
Zn	Весна	0,38±0,08	0,31±0,06	0,37±0,07	0,92±0,18	0,85±0,17	73	105
	Лето	0,07±0,01	0,08±0,02	0,08±0,02	0,16±0,03	0,12±0,02		
	Осень	0,43±0,09	0,43±0,09	0,48±0,10	1,36±0,27	1,12±0,22		
	Зима	0,59±0,12	0,64±0,13	0,65±0,13	2,05±0,41	1,21±0,24		
Cu	Весна	0,13±0,03	0,25±0,05	0,22±0,04	4,00±0,80	2,60±0,52	5	32
	Лето	0,38±0,08	0,44±0,09	0,16±0,03	0,80±0,16	0,80±0,16		
	Осень	0,47±0,09	0,47±0,09	0,50±0,10	4,60±0,92	3,20±0,64		
	Зима	0,56±0,11	0,66±0,13	0,81±0,16	6,20±1,24	5,60±1,12		
Pb	Весна	0,11±0,02	0,11±0,02	0,33±0,07	2,33±0,47	1,63±0,33	4,3	18
	Лето	0,22±0,04	0,33±0,07	0,33±0,07	4,88±0,98	3,26±0,65		
	Осень	0,22±0,04	0,33±0,07	0,33±0,07	2,79±0,56	3,26±0,65		
	Зима	0,28±0,06	0,39±0,08	0,61±0,12	13,49±2,7	4,19±0,84		
Cd	Весна	0,04±0,01	0,04±0,01	0,06±0,01	0,20,055±	0,18±0,04	0,6	2,2
	Лето	0,06±0,01	0,05±0,01	0,04±0,01	0,25±0,05	0,22±0,04		
	Осень	0,05±0,01	0,05±0,01	0,05±0,01	0,37±0,07	0,28±0,06		
	Зима	0,19±0,04	0,24±0,05	0,31±0,06	2,02±0,40	1,20±0,24		

Результаты могут свидетельствовать о постепенном накоплении металлов донными отложениями в летне-осеннее время с достижением максимального их содержания в грунтах зимой и последующего снижения содержания ТМ в грунтах весной за счет высвобождения в водную толщу в результате «подкисления» водной среды в период весеннего половодья.



Результаты ежесезонного химического анализа проб донных отложений обнаруживают пространственную неоднородность содержания в них исследуемых металлов, что связано с особенностями гидрологических условий руслового водохранилища. По уровню загрязнения тяжелыми металлами донных отложений наблюдается аналогичная пространственная тенденция, что и для водной среды (рисунок 5).



В наибольшей степени загрязнены тяжелыми металлами донные отложения приплотинной зоны и особенно акватории верхнего бьефа. Уровень загрязнения

тяжелыми металлами других акваторий водохранилища снижался по мере их удаления от плотины.

Таким образом, полученные результаты демонстрируют пространственную неоднородность уровня загрязнения тяжелыми металлами Волховского водохранилища и выявляют тенденцию однонаправленного увеличения содержания металлов как в воде, так и в донных отложениях по мере приближения к верхнему бьефу плотины. Эта закономерность может быть обусловлена влиянием гидрологических факторов (частота водообмена, скорость течения, русловые процессы и т.д.) на распределение и накопление токсикантов в системе вода – донные отложения.

Синхронные химико-аналитические исследования сезонной динамики распределения тяжелых металлов в водной среде, прибрежных атмосферных осадках и донных отложениях Волховского водохранилища выявляют пространственное смещение процесса загрязнения металлами абиотических компонентов при переходе от верхнего участка к нижнему (рисунок 6).

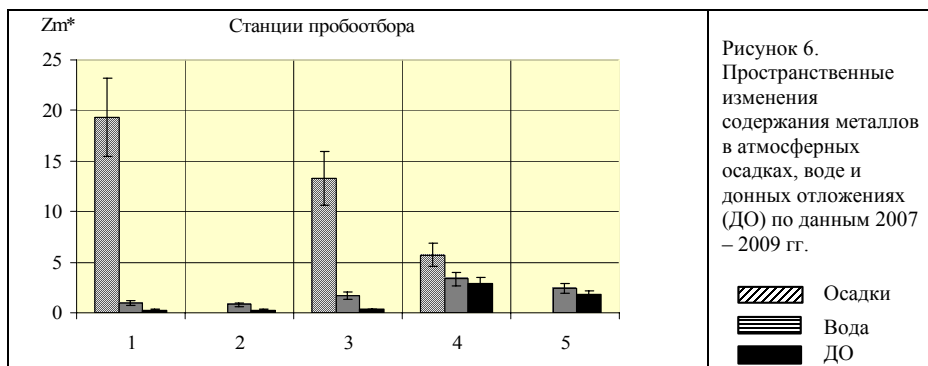


Рисунок 6. Пространственные изменения содержания металлов в атмосферных осадках, воде и донных отложениях (ДО) по данным 2007 – 2009 гг.

Примечание: Zm^* - уровень загрязнения проб атмосферных осадков, воды и донных отложений металлами (суммарная средневзвешенная по всем металлам величина концентраций ТМ, предварительно отнесенная к нормативному или фоновому содержанию).

По этой причине именно акватория верхнего бьефа наиболее объективно и наглядно отражает динамику сезонного содержания металлов в абиотических компонентах водохранилища и атмосферных осадках (рисунок 7).

Таким образом, результаты сезонных исследований содержания металлов в воде, осадках и донных отложениях показали, что максимальная концентрация практически всех металлов в воде и атмосферных осадках отмечается в весенний период. От весны к зиме наблюдается постепенное снижение уровня загрязнения прибрежных атмосферных осадков и воды водохранилища. В донных отложениях водохранилища наибольшее содержание металлов достигается зимой. В период весеннего межсезонного водообмена уровень загрязнения донных отложений тяжелыми металлами несколько снижается, а в период летней межени и осенью процесс перехода тяжелых металлов из водной среды в донные отложения активизируется. Подобная сезонная цикличность и направленность процессов

миграции и распределения тяжелых металлов между твердой и жидкой фазами определяется физико-химическими условиями среды в водоеме.

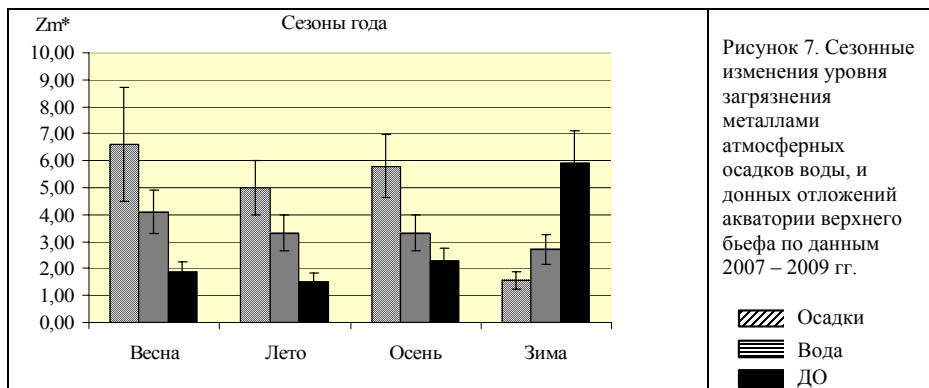


Рисунок 7. Сезонные изменения уровня загрязнения металлами атмосферных осадков воды, и донных отложений акватории верхнего бьефа по данным 2007 – 2009 гг.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОЛХОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

4.1. Острая токсичность

Сезонные исследования токсичности воды и донных отложений Волховского водохранилища методом биотестирования с использованием в качестве тест-объекта *Daphnia magna Straus* не выявили острой токсичности проб со всех станций наблюдения. На протяжении острого опыта наблюдалась незначительная гибель тест-объектов (от 3 до 20%).

В то же время, наибольшая гибель тест-объектов (от 10% до 20% по сравнению с контролем) была характерна в основном для весенних и зимних проб воды и, особенно, водных вытяжек донных отложений. Наибольшие показатели гибели по сравнению с контролем (от 13% – в воде до 20% – в водных вытяжках донных отложений) были отмечены у верхнего бьефа плотины.

4.2. Хроническая токсичность

Результаты хронического опыта по выживаемости и плодовитости дафний в пробах воды и водных вытяжках донных отложений водохранилища выявили ряд особенностей в сезонной динамике и пространственном распределении их токсичности (рисунок 8).

Так, водные вытяжки из донных отложений были существенно токсичнее проб воды во все сезоны года. Наиболее сильное токсическое действие на тест-организмы (что проявлялось в достоверном снижении как плодовитости, так и выживаемости дафний), оказывали весенние и зимние пробы воды и донных отложений.

Вода и донные отложения акватории верхнего бьефа водохранилища оказывали на тест-объекты заметное токсическое действие во все сезоны года.

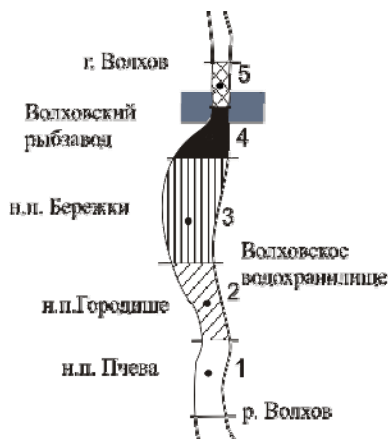


Рисунок 8.
Токсичность проб воды и вытяжек из донных отложений (ДО) Волховского водохранилища в хроническом опыте

Хроническое токсическое действие оказали

	лишь зимние пробы ДО
	зимние пробы ДО и весенние пробы воды
	весенние пробы воды, зимние, весенние и летние пробы ДО
	весенние пробы воды и ДО во все сезоны
	все, кроме осенних, пробы воды и ДО во все сезоны

ГЛАВА 5. ОРГАНЫ И ТКАНИ РЫБ: ПАТОЛОГОАНАТОМИЧЕСКОЕ И ХИМИКО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

5.1. Патологоанатомические исследования рыб

Результаты патологоанатомического исследования рыб различных экологических групп (планктофаги, бентофаги, ихтиофаги) показали, что наибольшая степень развития токсикоза была характерна для рыб приплотинной зоны водохранилища и, особенно, акватории верхнего бьефа. Здесь у рыб наблюдали токсикозы, оцениваемые в 3-4 балла (соответственно 44% и 17% особей). На остальных станциях у большинства отловленных рыб наблюдались поражения, оцениваемые в основном не выше 2-х баллов (рисунок 9 А).

Отмечена сезонная динамика уровня поражения рыб токсикозом, который снижался в ряду: весна – зима – лето – осень (рисунок 9 Б). Наибольшая степень поражения рыб токсикозом весной, вероятно, была связана с их ослабленным после периода зимовки состоянием в условиях замедления процессов самоочищения и залповым поступлением загрязняющих веществ с поверхностным стоком в период таяния снега.

5.2. Сезонная динамика накопления металлов в тканях и органах рыб

Содержание металлов в органах и тканях рыб Волховского водохранилища с весны до осени постепенно нарастало и наибольшее их количество в организме рыб отмечалось в осенний период (рисунок 10 А). Динамика абсолютного содержания, форма аккумулируемых металлов и характер распределения их в организме рыб зависят не от сезонов года как таковых, а от сезонной смены гидрохимической обстановки в водоеме и от биологического состояния рыб как пойкилотермных животных: от температурозависимых особенностей годового

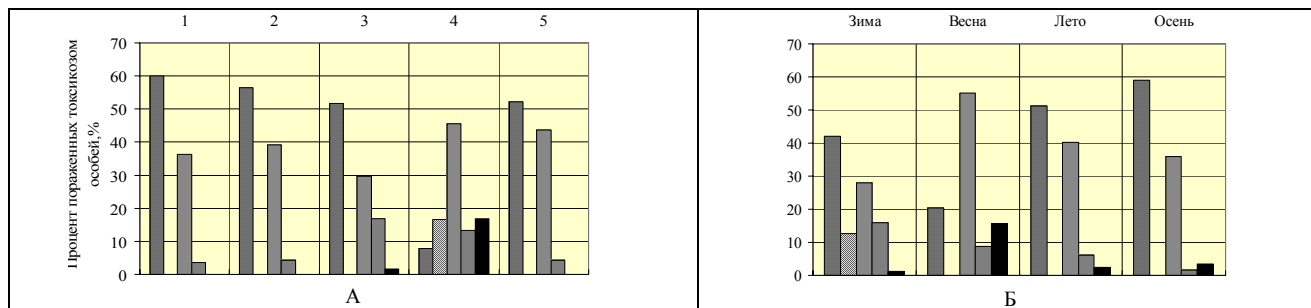


Рисунок 9. Проявление токсикоза у рыб Волховского водохранилища в пространственной (А) и сезонной (Б) динамике
Степень проявления токсикоза у рыб в баллах

2

2,5

3

3,5

4

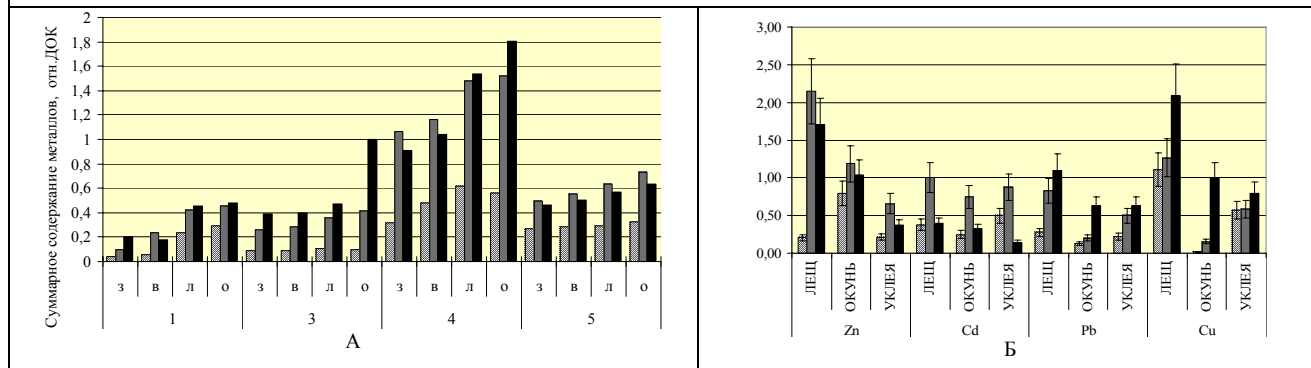


Рисунок 10. Суммарное средневзвешенное содержание металлов (отн. ДОК) в органах и тканях рыб Волховского водохранилища в пространственной и сезонной динамике (А) и в зависимости от типа питания (Б):

Мышцы

Жабры

Печень

цикла их пластического и генеративного обмена, от биохимических и морфофизиологических изменений тканей и органов этих гидробионтов в течение года. Отмеченная сезонная тенденция содержания металлов в рыбах Волховского водохранилища согласуется с литературными данными (Данилов и др., 1972; Сторожук и др., 1978; Евтушенко, 1985; Крючков, 1989; Попов, 2002 и др.).

5.3. Оценка уровня загрязнения металлами органов и тканей рыб различных участков водохранилища

В пространственном отношении наблюдалась четкая тенденция увеличения содержания исследуемых металлов в органах и тканях рыб Волховского водохранилища от его верховья к приплотинной части (см. рисунок 10 А). Только на акватории р. Волхов (500 м выше водохранилища) уровень загрязнения тяжелыми металлами мышечной ткани, жабр и печени рыб не превышал допустимого. В рыбах, отловленных в верхней и средней части водохранилища, отмечались повышенные концентрации цинка (в жабрах) и меди (в печени), но превышения ДОК по неэссенциальным элементам (свинцу и кадмию) для этих рыб не зафиксировано.

5.4. Распределение металлов в органах и тканях рыб

Независимо от вида рыб, исследуемого участка водохранилища и сезона года отмечена селективность отдельных органов и тканей рыб в накоплении определенного металла. Так, цинк преимущественно концентрируется в жабрах. В печени и мышцах его содержание существенно ниже. Медь активно депонируется печенью, так как этот элемент является компонентом ряда ферментов, связанных с окислительно-восстановительными процессами, имеет большое значение в азотистом, нуклеиновом и ауксиновом обменах. Свинец и кадмий также по большей части концентрировались в печени рыб. Мышечная ткань рыб за счет интенсивно протекающего в ней пластического обмена содержит металлы в наименьших количествах (рисунок 10 Б). Данное обстоятельство значительно снижает риск биомагнификации тяжелых металлов в дальнейших звеньях трофической цепи, в том числе в организме человека, поскольку в пищу употребляется в большей степени мышечная ткань рыб.

5.5. Анализ содержания металлов в органах и тканях рыб в зависимости от трофического статуса и экологии вида

Сравнение концентраций тяжелых металлов в свободноживущих рыбах, различающихся по типу питания и экологическим условиям обитания (см. рисунок 10 Б), позволило установить, что органы и ткани рыб-планктофагов (уклея) содержат исследуемые металлы в наименьшем количестве, не превышающем допустимых норм. У хищных рыб (окунь) уровень содержания металлов оказался несколько выше и по цинку в жабрах и печени превышал

допустимое остаточное количество. Рыбы-бентофаги (лещ) концентрировали тяжелые металлы в органах и тканях в наибольшей степени. Мышцы, печень и особенно жабры рыб-бентофагов были загрязнены исследуемыми металлами в количестве, превышающем допустимые нормы.

Выявлены и количественно описаны некоторые зависимости между содержанием металлов в среде обитания и в рыбе (по тканям и органам): прослеживается зависимость концентрации цинка в воде (C_{Zn}^w) и донных отложениях (C_{Zn}^s) и его содержания в жабрах планктофагов и, особенно, бентофагов (C_{Zn}). Статистически достоверны зависимости, описываемые следующими уравнениями для жабр планктофагов: $C_{Zn}=10,3+43,18\sqrt{C_{Zn}^w}$ ($r=0,48$; $r^2=0,23$); и для жабр бентофагов: $C_{Zn}=7,55+4634,814\cdot(C_{Zn}^w)^3$ ($r=0,51$; $r^2=0,27$). Установлено также наличие достоверной корреляционной связи между уровнем загрязнения абиотических компонентов водохранилища медью и кадмием и их накоплением в печени рыб ($r=0,67$; $r^2=0,45$), но характер этой зависимости сложен и нелинеен, что объясняется протекающими в организме рыб биохимическими процессами, направленными на использование эссенциальных микроэлементов и снижение воздействия токсичных металлов.

Наряду с исследованием свободноживущих рыб, проводили анализ содержания токсичных металлов в органах и тканях сеголеток сига, искусственно выращиваемых в бассейнах Волховского рыбоводного завода, водоснабжение которого осуществляется из приплотинной зоны верхнего бьефа. По сравнению со свободноживущими рыбами, содержание токсичных металлов в организме искусственно выращенных рыб оказалось ниже и никогда не превышало допустимых остаточных количеств, что связано с отсутствием контакта у рыб с загрязненными донными отложениями и с использованием доброкачественных кормов.

ВЫВОДЫ

1. Впервые для Волховского водохранилища, как водохранилища руслового типа, на основе результатов сезонных экспедиционных и лабораторных исследований в период с 2007 по 2009 гг. с использованием единой методической базы и комплекса химико-аналитических, биологических методов (экотоксикологических, патологоанатомических) и методов математической статистики выявлены пространственные и сезонные особенности распределения токсичных металлов (цинк, медь, свинец, кадмий) в среде обитания (вода, донные отложения), в органах и тканях рыб различных экологических групп и уровень их поражения токсикозами.

2. Совокупность экспериментальных данных о содержании токсичных металлов в среде обитания обнаруживает пространственную неоднородность уровня загрязнения и тенденцию одностороннего снижения содержания

металлов как в воде, так и в донных отложениях по мере удаления от верхнего бьефа плотины в следующем ряду: верхний бьеф водохранилища – нижний бьеф – средний участок водохранилища – верхний участок водохранилища – р. Волхов (500 м до водохранилища). Выявленная тенденция может быть обусловлена влиянием гидрологического фактора на распределение и накопление токсикантов в системе вода – донные отложения: чрезвычайно высокая частота водообмена, скорость течения, русловые процессы и др.

3. В сезонном аспекте токсичность и уровень загрязнения воды и донных отложений обнаруживают тенденцию разнонаправленности: наиболее высокая концентрация металлов в воде и наибольшая хроническая их токсичность достигаются в период весеннего половодья, а в донных отложениях – в зимний период. Выявленные тенденции объясняются разными формами нахождения металлов в зависимости от физико-химических условий среды и от интенсивности биохимических процессов в водоеме в различные сезоны года.

4. Пространственное зонирование водохранилища по степени токсического действия на водные организмы соответствует результатам химико-аналитической оценки уровня загрязнения абиотических компонентов. Выявленная наибольшая токсичность приплотинных участков объясняется особенностями гидрологического режима русловых водохранилищ.

5. Результаты ежесезонного определения среднего многолетнего содержания токсичных металлов в пробах органов и тканей рыб разных экологических групп (лещ как бентофаг, укляк как планктофаг и окунь как хищник), отловленных на всех станциях контроля, согласуются с пространственными и сезонными особенностями распределения металлов в среде обитания. Максимальное превышение допустимых остаточных количеств (ДОК) исследуемых металлов выявлено в печени и жабрах укляка, окуней и особенно лещей (до 2,5 ДОК) на акватории верхнего бьефа водохранилища, что согласуется с данными об уровне загрязнения среды обитания. Полученные результаты подтверждают возможность использования рыб в качестве показательных биоиндикаторов загрязнения водной среды.

6. Среднее многолетнее содержание исследуемых металлов в органах и тканях рыб с различным типом питания значительно повышается от весны к осени в соответствии с сезонными особенностями распределения металлов в донных отложениях, что объясняется, прежде всего, температурозависимой активацией метаболических процессов в организме рыб, направленных на быстрый рост и нагул массы, и, как следствие, – усилением процессов биомagniфикации.

7. Установлены и количественно описаны некоторые зависимости между средними многолетними значениями содержания металлов в органах и тканях рыб различных по типу питания и экологическим условиям обитания и содержанием металлов в абиотических компонентах водохранилища.

8. Результаты патологоанатомических исследований выявили поражение рыб токсикозом, достигающее тотального поражения в наиболее тяжелой форме в верхнем бьефе водохранилища, что согласуется с данными химико-аналитических и токсикологических экспериментов. В сезонном аспекте

наименее благоприятная для рыб токсикологическая обстановка на акваториях водохранилища складывается весной, наиболее благоприятная – летом и осенью.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Кольчугина (Кузнецова) О.А. Биогеохимические исследования факторов токсикогенной опасности для рыб в водохранилищах руслового типа (на примере Волховского водохранилища) / О.А. Кузнецова, Н.М. Аршаница, В.З. Латыпова, Ф.М. Шакирова, Н.Ю. Степанова // Ученые записки Казанского государственного университета. – 2008. – Т. 150, кн. 4. – С. 261–267. (перечень ВАК).

2. Аршаница Н.М. Особенности сезонного распределения тяжелых металлов в абиотических компонентах и ихтиофауне руслового водохранилища / Н.М. Аршаница, О.А. Кольчугина (Кузнецова), В.З. Латыпова // Материалы Международной научно-практической конференции «Химия и экология: развитие науки и образования». – М.: Изд-во МГОУ, 2010. – С.124–128.

3. Кольчугина (Кузнецова) О.А. Уровень поражения токсикозами рыб Волховского водохранилища / О.А. Кольчугина (Кузнецова), Н.М. Аршаница, В.З. Латыпова // Труды Всероссийской научной конференции с международным участием «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований». Т.4. – Казань: Изд-во «Отечество», 2009. – С. 128–131.

4. Степанова Н.Ю. Влияние физико-химического состава воды и донных отложений на содержание металлов в бентосе и бентосоядных рыбах Куйбышевского водохранилища / Н.Ю. Степанова, Р.Г. Таиров, В.З. Латыпова, О.А. Кольчугина (Кузнецова) // IX съезд Гидробиологического общества: тез. докл. – Тольятти, 2006. – С. 170–171.

5. Кольчугина (Кузнецова) О.А. Патологоанатомическое исследование рыб как эффективный метод оценки токсикологического статуса водного объекта /О.А. Кольчугина // Туполевские чтения: материалы XIV Международной молодежной научной конференции. – Казань: Изд-во Казанск.гос.техн.ун-та, 2006. – С. 112–114.

6. Аршаница Н.М. Гидрологический фактор в формировании токсикологического режима водохранилища / Н.М. Аршаница, О.А. Кольчугина (Кузнецова), О.А. Ляшенко, А.М. Вознесенский // Материалы доклада международной научно-практической конференции «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке», 16–18 октября 2007 г. – СПб., 2007. – С. 121–122.

7. Аршаница Н.М. Эколого-токсикологическая характеристика Нарвского водохранилища в связи с его гидрологическими особенностями / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко, О.А. Кольчугина (Кузнецова) // Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии, посвященной памяти Б.А. Флерова «Антропогенное влияние на водные экосистемы». Ч.3. (Борок, 11–16 ноября 2008 г.). – Борок: ООО «Ярославский печатный двор», 2008. – С 153–155.

8. Ляшенко О.А. Эколого-токсикологические исследования Ладожского озера и р. Волхов / О.А. Ляшенко, Н.М. Аршаница, С.Б. Екимова, О.А. Кольчугина (Кузнецова), А.М. Пономаренко, Е.С. Светашова, И.Д. Чинарева // Сборник тезисов X Международного экологического форума «День Балтийского моря». – СПб.: ООО «Макси Принт», 2009. – С. 178.

9. Кольчугина О.А. Антропогенная нагрузка на Волховское водохранилище / О.А. Кольчугина, В.З. Латыпова, Н.М. Аршаница // В сб. «Промышленная экология и безопасность», материалы VIII Международного Форума «Нефть, газ, экология». – Казань, 2010. – С. 114–118.

10. Кольчугина О.А. Сезонные аспекты загрязнения тяжелыми металлами экосистемы Волховского водохранилища и проявление токсикоза у рыб / О.А. Кольчугина // В сб. «Вклад молодых ученых в рыбохозяйственную науку России», тез. докл. Всероссийской молодежной конференции. – СПб., 12-14 октября 2010. – С. 76–78.